

Petteri Laine

Logistiikkakeskuksen valaistuksen uusiminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

12.5.2015

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Petteri Laine Logistiikkakeskuksen valaistuksen uusiminen 31 sivua + 2 liitettä 12.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	lehtori Tapio Kallasjoki
<p>Insinöörityössä tehtiin vertailevia valaistussuunnitelmia logistiikkakeskuksen lavahyllyvarastointialueelle. Työn tavoitteena oli laskea valaistussuunnitelmien avulla uuden valaistuksen kokonaiskustannukset.</p> <p>Suunnittelussa käytettiin hyödyksi nykyaikaisia valaisinvaihtoehtoja ja tekniikkaa. Suunnittelun aikana myös tutustuttiin kohteen vaatimiin valaistusstandardeihin ja valaistussuunnittelun vaiheisiin. Nämä saatiin selville tutkimalla alan kirjallisuutta, haastattelemalla valaistusalaa ammattilaisia ja tekemällä mittauksia kohteessa.</p> <p>Työssä käytiin myös läpi erilaisia valaisimia ja valonlähteitä, jotka soveltuvat logistiikkakeskuksen valaisemiseen.</p> <p>Lopputuloksista huomataan, että valaistusta uusiessa kustannukset koostuvat monesta eri osasta.</p>	
+Avainsanat	valaistussuunnittelu, valonlähteet

Author(s) Title	Petteri Laine Lighting Renovation in Logistic Center
Number of Pages Date	31 pages + 2 appendices 12 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Tapio Kallasjoki, Senior Lecturer
<p>This thesis presents comparing lighting designs for logistic center's storage area. The goal was to calculate costs for new lighting to replace the old.</p> <p>During the designing project modern luminaires and techniques were used. Lighting standards and lighting design were also acquainted with in the designing phase. Information was gathered from studying lighting business literature, interviewing professionals in the line of work and by doing measurements at the logistic center.</p> <p>This thesis also introduces different kind of luminaires and light sources which are suitable for lighting logistic centers.</p> <p>The results show that the cost of lighting renovation consists from several parts.</p>	
Keywords	lighting design, light source

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Valaistusratkaisut logistiikkakeskuksissa	2
2.1	Valaisimet	2
2.1.1	Loistelamppuvalaisin	2
2.1.2	Syväsäteilijä	4
2.2	Valonlähteet	5
2.2.1	Loistelamppu	5
2.2.2	Monimetallilamppu	6
2.2.3	Suurpainenatriumlamppu	7
2.2.4	LED	8
3	Valaistuksen ohjaus	9
3.1	Suora painikeohjaus	9
3.2	Läsnäolo-ohjaus	10
3.3	Vakiovalonsäätö	10
3.4	Yhdistetty ohjaus	11
4	Valaistussuunnittelu	12
5	Logistiikkakeskuksen valaistussuunnitelmat ja tulokset	15
5.1	Nykyinen tilanne	16
5.2	Suunnittelun vaiheet	18
5.3	Suunnitelma 1	19
5.4	Suunnitelma 2	20
5.5	Suunnitelma 3	22
6	Kustannuslaskelmat	24
6.1	Valaisin- ja lamppukustannukset	24
6.2	Valaistuksen ohjausjärjestelmän kustannukset	25
6.3	Asennus- ja vaihtokustannukset	26
6.4	Energiakustannukset	27
6.5	Huoltokustannukset	27
6.6	Kokonaiskustannukset	28
7	Tulosten tarkastelu	29
	Lähteet	30

Liitteet

Liite 1. Suunnitelma 2

Liite 2. Suunnitelma 3

Lyhenteet

DALI	Digital Adressable Lighting Interface; digitaalinen valaistuksen oh- jausjärjestelmä	
DIALux	valaistuslaskentaohjelma	
lm	lumen; valovirran suure lm, lamppu lähettää valovirran	
lx	luksi; valaistusvoimakkuuden suure lm/m^2 , pinnalle tuleva tusvoimakkuus	valais-

1 Johdanto

Tässä työssä suunnitellaan uusi valaistus logistiikkakeskukseen. Laskelmien avulla selvitetään uuden valaistuksen kokonaiskustannukset ja valaistuksen kustannuksiin vaikuttavat tekijät. Nykyinen valaistus kohteessa on toteutettu vanhanaikaisella tekniikalla. Tehdyissä valaistussuunnitelmissa otettiin huomioon nykyaikaiset valaisinvaihtoehdot ja käytettävät tekniikat. Työssä myös tutustutaan erilaisiin logistiikkakeskuksissa käytettäviin valonlähteisiin, valaisimiin ja valaistuksenohjaukseen sekä käydään läpi valaistussuunnitteluprosessi.

Työn kohteena oli SLO:n keskusvarasto Vantaalla. SLO on maanlaajuinen sähkö-, tele- ja automaatiotuotteiden toimittaja. Varastossa työskennellään klo 7-21.

Jokainen tila vaatii omanlaisen valaistuksen. Tämän takia on luotu standardit oikeanlaisen valaistuksen luomiseksi. Oikeanlainen valaistus on tärkeä työn turvallisuuden ja tehokkuuden kannalta. Hyvä suunnittelu takaa hyvän ja laadukkaan valaistuksen.

2 Valaistusratkaisut logistiikkakeskuksissa

Hyvä valaistus on tärkeä tehokkaan ja turvallisen työympäristön saavuttamiseksi. Tästä syystä eri työympäristöille on laadittu tarkat vaatimukset valon määrälle ja valaistuksen laadulle toimivan valaistuksen toteuttamiseksi.

Logistiikkakeskuksella tarkoitetaan isoa hallitilaa, jossa varastoidaan tavaroita ja josta hoidetaan tavaroiden kuljetus haluttuun paikkaan. Logistiikkakeskus jaotellaan erilaisiin alueisiin, joita ovat vastaanotto, lähettäminen, pakkausosastot ja tavaroiden varastointi. Tässä työssä keskitytään tavaroiden varastointialueeseen, joka koostuu korkeasta hallitilasta ja siellä sijaitsevista lavahyllyistä. Standardit täyttävän valaistuksen kriteereitä ovat riittävä valaistusvoimakkuus lattiapinnalla hyllyjen välissä, valaistuksen tasaisuus ja pystysuora valaistusvoimakkuus.

Seuraavassa käydään läpi erilaisia valaisimia ja valonlähteitä, jotka soveltuvat logistiikkakeskuksen valaisemiseen.

2.1 Valaisimet

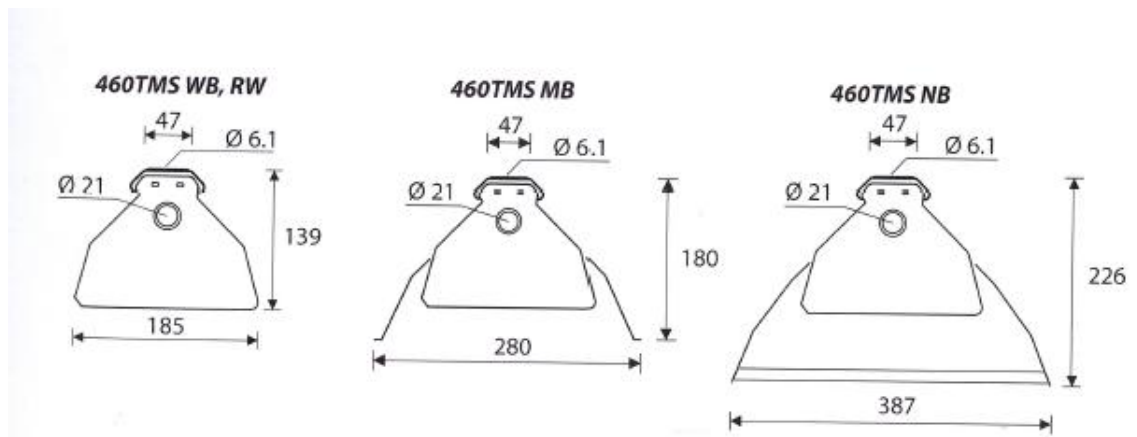
Valo on ollut aina tärkeää ihmiselle jo esihistorialliselta ajalta. Ensimmäiset valaisimet olivat eri materiaaleista rakennetut tulisijat. Ennen sähkön keksimistä valoa luotiin öljylampuilla ja sen jälkeen kaasuvalaisimilla (1). Sähkön tulon myötä valaisimet ovat kehittyneet valonlähteiden mukana. Valaisimen tehtävänä on muuttaa valonlähteen valonjako toivotunlaiseksi ja valonlähteen suojaaminen.

Logistiikkakeskuksen valaistukseen soveltuvilta valaisimilta vaaditaan erityisominaisuuksia. Tilat ovat usein korkeita, joten valaisimien pitää olla tehokkaita sekä valaistus pitää olla hyvin suunnattu. Valaisimen on hyvä olla myös pitkäikäinen hankalien huolto- toimenpiteiden takia.

2.1.1 Loistelamppuvalaisin

Korkeissa varastointitiloissa käytettävät loistelamppuvalaisimet ovat usein yksinkertaisia alumiinista tai muusta kevyestä metallista valmistettuja valaisinrunkoja. Valaisimissa on yleensä valonlähteenä kaksikantainen loistelamppu, josta tässä työssä käytetään

nimitystä loisteputki. Valaisin on avoin ”kouru”, jonka sisällä loisteputki on. Loisteputken lisäksi valaisimessa komponentteina on liitäntälaitte, valonlähteen pitimet ja heijastin. Heijastimen avulla valo saadaan hyvin suunnattua sinne missä sitä tarvitaan ja huolto- toimenpiteet onnistuvat helposti valonlähteen ollessa esillä. Kuvassa 1 nähdään Idmanin Instra valaisin esimerkkinä. Erilaiset valonjaot valaisimessa saadaan aikaan lisää- mällä toisenlainen heijastin tai estämällä osaksi valontuotto valaisimesta. Kuvassa 1 on sama valaisin kolmella eri valonjaolla: erittäin leveä, leveä ja kapea. Erittäin leveässä versiossa valonjako on luotu valaisimen oman heijastimen avulla. Leveän ja kapean valonjaon versioissa on lisätty valaisimeen alumiiniset lisäosat, jolla valontuottoa saa- daan suunnattua tarkemmin.



Kuva 1. Idmanin Instra avoin teollisuusvalaisin ja valaisimen eri heijastinvaihtoehdot (erittäin leveä, leveä ja kapea valonjako) (2, s. 231)

Vanhemmissa malleissa valonlähteinä valaisimissa on yksi tai kaksi kappaletta 36 W tai 58 W:n T8-loisteputkia ja valaisimet toimivat perinteisillä liitäntälaitteilla. Uusien innovaatioiden myötä valonlähteet kehittyvät. Nykyään loistelamppuvalaisimet käyttävät parempaa valotehokkuutta omaavaa T5-loisteputkea. Myös liitäntälaitteet ovat vaihtu-

neet elektronisiin liitäntälaitteisiin, jotka kuluttavat vähemmän energiaa ja joissa on paremmat valonohjausmahdollisuudet. Nykyään markkinoilta löytyy myös led-valoputkia T8-kantaisia loisteputkia korvaamaan.

2.1.2 Syväsäteilijä

Tehokkaita teollisuusvalaisimia kutsutaan syväsäteilijöiksi. Valaisimet käyttävät valonlähteinä suurpainenatriumlamppuja, monimetallilamppuja tai led-moduulia. Käyttökohteita ovat varastojen lisäksi teollisuustilat, urheilutilat ja isot kaupat. Ne soveltuvat ihanteellisesti korkeisiin tiloihin, joissa tarvitaan paljon valoa pienemmällä valaisinmäärällä. Suositeltava asennuskorkeus syväsäteilijöille on 6–15 metriä. Kuvassa 2 on havainnollistettu erilaisia malleja. Syväsäteilijöissä löytyy niin sanotusta neliskanttisesta ”kenkälaatikko”-mallista pyöreään isolla heijastimella olevaan heittimeen.



Kuva 2. Erilaisia syväsäteilijävalaisimia (3)

Led-moduulia käyttävät syväsäteilijät korvaavat perinteisempiä valonlähteitä käyttävät syväsäteilijät. Tämä johtuu led-valaisimien paremmasta valotehokkuudesta ja värin-

tosta. Syynä on myös led-valaisimien hintojen tippuminen ja EU:n säädösten kieltäessä ei niin energiatehokkaat valonlähteet. Perinteisempiä valonlähteitä käyttävien valaisimien tehot ovat 250 watista jopa 1000 wattiin. Saman valotehon saa noin 100 – 250 watin led-versioista. Valonohjausta käytettäessä perinteisimmissä valaisimissa valotehokkuus saattaa himmennettäessä kärsiä valonlähteestä riippuen.

2.2 Valonlähteet

Ensimmäiset valonlähteet keksittiin 1800-luvulla ja tuotteistettiin kaupalliseksi 1900-luvun alussa. Hehkulamppu oli pitkään ainoa sähköllä toimiva valonlähde. 1900-luvun puolivälistä eteenpäin alkoi uusien valonlähteiden tuleminen markkinoille.

Logistiikkakeskuksissa yleensä käytetään jotain seuraavista valonlähteistä: loistelamppu, monimetalli, suurpainenatriumlamppu tai led (4). Elohopealamppu on myös yksi käytetyistä valonlähteistä, mutta EU-säädösten takia se poistuu markkinoilta 2015, joten sitä ei tarkastella tässä työssä.

2.2.1 Loistelamppu

Loistelamput kuuluvat purkauslamppujen kategoriaan. Lampun sisällä olevat elektrodit luovat sähköpurkauksen, joka virittää täyttökaasuna olevan elohopeahöyryn ja lamppu syttyy. Loistelamput soveltuvat monenlaisiin käyttökohteisiin. Erilaisia malleja löytyy perinteisien kaksikantaloistelampujen lisäksi rengasmaisia, U-muotoisia sekä laaja valikoima pienloistelamppuja (5, s. 37). Kuvassa 3 on esitelty muutama malli.



Kuva 3. Erilaisia loistelamppuja (6)

Loistelampun hyvinä puolina voidaan pitää valotehokkuutta, saatavilla laaja valikoima eri malleja ja värisävyjä, markkinoilla on myös pitkäikäisiä malleja (elinikä jopa n. 50 000 tuntia) ja lamppu on helposti himmennettävissä. Huonoina puolina voi mainita, että lamppu on ongelmajätettä (sisältää elohopeaa), lämpöominaisuudet (toimii parhaiten lämpimissä olosuhteissa, mutta saatavilla on myös kylmään tilaan soveltuvia malleja) ja loistelamppu koetaan vanhanaikaiseksi valonlähteeksi (7).

Varasto- ja logistiikkakeskuksissa käytetään yleensä loistelampuista kaksikantaloistelamppua eli loisteputkea valotehokkuuden ja muodon vuoksi. Loisteputkivalaisimet saadaan helposti asennettua riveihin tai jonoihin.

2.2.2 Monimetallilamppu

Monimetallilampun toiminta perustuu myös sähköpurkaukseen. Lamppu sisältää elohopeakaasua ja erilaisten metallien jodideja. Kun lampun sisällä tapahtuu sähköpurkaus jodidit hajoavat ja alkavat lähettämään säteilyä eli valoa (5, s. 54).

Hyvät puolet monimetallilamputta ovat: hyvä valotehokkuus, valon laatu, kohtalaisen pitkä elinikä (15 000–20 000 tuntia) ja himmennys 50–60 % tasoon saakka. Huonoja puolia ovat se, että valotehokkuus huononee himmennettäessä, sillä on pitkä syttymisaika ja lamppu on ongelmajätettä (7).

Monimetallilamppua voidaan hyvin käyttää korkeissa varastotiloissa valotehokkuuden ja lampun muodon vuoksi. Pienen koon takia valo saadaan helposti suunnattua heijastimilla. (5, s. 55).

2.2.3 Suurpainenatriumlamppu

Suurpainenatriumlamppu kuuluu myös purkaussäteilijöihin. Suurpainenatriumlamppu sisältää natriumhöyryä, jonka paine nousee 30 – 35 kilopascaliin, kun sen läpi johdetaan suuri virtatiheys. Tällöin lamppu alkaa säteillä näkyvää valoa. (5, s. 60)

Suurpainenatriumlampuissa löytyy laaja valikoima erilaisia lamppumalleja ja paljon eri tehoja. Lampun valotehokkuus on isompi tehoisilla lamputta hyvä. Hyvinä puolina voidaan myös mainita, että valovirta ei alene kovin paljon lampun käyttöajan aikana. Huonoja puolia lamputta on kellertävä värisävy ja huono värintoisto. Lamppu tarvitsee 5–10 minuuttia lämmetäkseen täyteen tehoon ja jännitekatkoksen jälkeen kestää 1–2 minuuttia lampun uudelleensyttymiseen (5, s. 60).

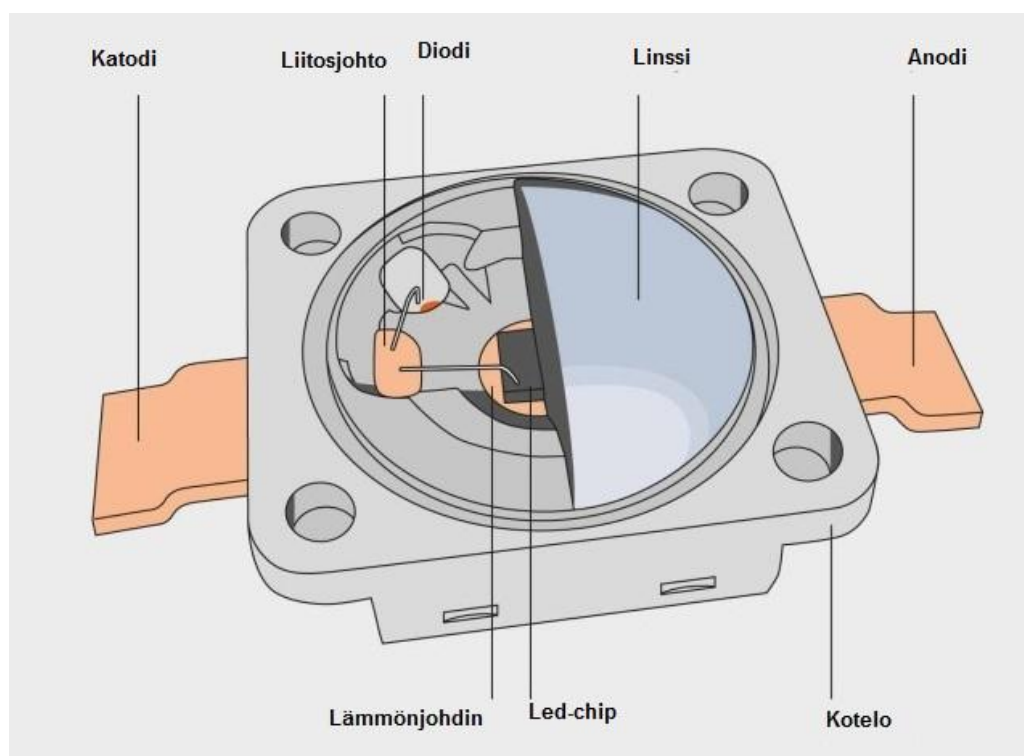
Lamppu soveltuu korkeisiin varastoihin, jossa ei ole tarvetta hyvälle värintoistolle. Lamputta löytyy myös versioita, joissa värintoisto on parempi, mutta silloin valotehokkuus kärsii. Kuvassa 4 nähdään eri kannalla olevia suurpainenatriumlamputta.



Kuva 4. Suurpainenatriumlamputta (8)

2.2.4 Led

Led on vasta tämän vuosituhannen aikana itsensä läpilyönyt valonlähde, joka on mul-
listanut valaistusmaailman. Led on monokromaattista valoa säteilevä valonlähde. Mo-
nokromaattisella tarkoitetaan sitä, että led säteilee yksiväristä valoa (sininen, punainen,
vihreä, keltainen). Valkoinen led saadaan lisäämällä keltaista loisteainetta lediin tai
yhdistämällä sinistä, vihreätä ja punaista valoa (9). Työssä puhutaan valonlähteestä,
koska led ei ole vain lamppu vaan sisältää useita komponentteja, kuten kuvasta 5 näh-
dään. Yksi led-valaisin voi sisältää monta lediä.



Kuva 5. Ledin osat (6)

Markkinoilta löytyy myös erilaisia led-lamppuja, joita saadaan esimerkiksi vanhan heh-
kulampun tai spottilampun tilalle, mutta ne ovat suurimmaksi osaksi tarkoitettu kulutta-
jakäyttöön pienemmän valontuottonsa takia. Perinteiselle loisteputkellekin on tarjolla
led-valoputkia, jotka saadaan esimerkiksi valaisinryhmävaihtojen yhteydessä vaihdet-
tua helposti perinteisten T8-loistelamppujen tilalle. Vaihtoehdot löytyvät 18 W, 36 W:n
ja 58 W:n perinteisille loisteputkille. LED-valoputkien vastaavat tehot ovat esimerkiksi
11 W, 22 W ja 28 W (10).

Varastotiloihin led soveltuu erittäin hyvin säädettävyytensä ja muunneltavuuden ansiosta. Ledin hyviä puolia ovat sen erinomainen valotehokkuus, pitkä käyttöikä (jopa 70 000 tuntia), hyvä valonlaatu, nopea syttyminen täyteen tehoon ja säädettävyyys. Säädettäessä led-valaisinta valotehokkuus jopa paranee. Huonoina puolina voi mainita, että se on kalliimpi kuin perinteiset valonlähteet ja led-moduulin vaihdettavuus on vielä ongelmana valaisimissa. Led-moduulien vaihdettavuus ongelmaan on perustettu konsortio Zhaga, jossa määritellään standardi, jonka mukaan led-valonlähteet olisivat vaihtokelpoisia eri valmistajien kesken.

3 Valaistuksen ohjaus

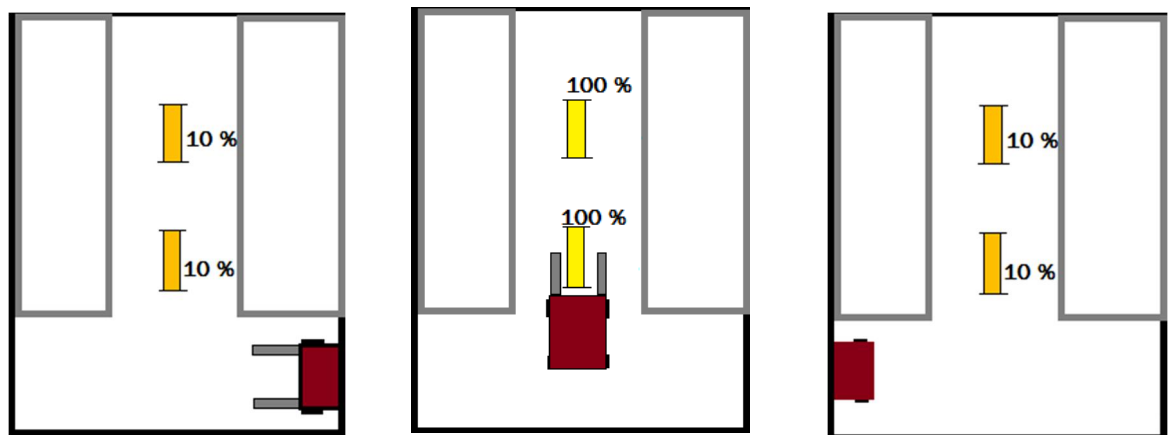
Nykypäivänä valaistuksen ohjaus on yhä isommassa roolissa valaistusalalla. Valaistus on yksi helpommista tavoista säästää energiaa ja sitä ohjaamalla voidaan saadaa suuret säästöt. Monet valaistusalalan yritykset myyvät nykyään valaistusratkaisuja eivätkä pelkkiä valaisimia. Ohjauksen toteuttamiseen tarvitaan valaisimien lisäksi joku ohjausjärjestelmä. Tunnettuja ohjausjärjestelmiä on esimerkiksi DALI ja KNX. Järjestelmillä pystyy toteuttamaan ohjauksen esimerkiksi pieneen taloon tai kokonaiseen toimistorakennukseen. Seuraavaksi käydään läpi lyhyesti erilaisia ohjaustapoja.

3.1 Suora painikeohjaus

Suora painikeohjaus on perinteinen valaistuksen ohjaustapa. Valaistusta ohjataan seinään asennetulla kytkimellä tai valaisimessa itsessään olevalla vetokytkimellä. Asennuksesta riippuen ohjaus on hyvin rajallista. Isommissa tiloissa valaisimet voivat olla eri ryhmissä. Hyvinä puolina voi mainita: ”päälle ja pois” –ohjauksella voidaan ohjata min-kä kokoisia kuormia tahansa, se on helppokäyttöinen ja tämä soveltuu suurimmalle osalle valaisimista. Muihin ohjaustapoihin verrattuna komponenttien tarve on pienempi. Tämä ohjaustapa on hyvin rajallinen ja energiaa kuluttava vaihtoehto.

3.2 Läsnaolo-ohjaus

Lyhyesti läsnäolo-ohjaus tarkoittaa sitä, että valaistus sammuu tai himmenee valitulla viiveellä, kun viimeinen läsnäolo on havaittu. Järjestelmä tarvitsee valaisimien lisäksi ohjausjärjestelmän (esim. DALI, KNX, DMX), johon ohjelmoidaan valaistuksen toiminta-aika. Järjestelmä myös vaatii sensorit, joilla läsnäolo huomataan. Toiminta-ajan puitteissa valaistus syttyy ja toimii ohjelmoidun ohjauksen mukaan. Kuvassa 6 demonstroidaan ohjauksen toimintaperiaate. Ohjauksella voidaan saavuttaa noin 10 – 50 % säästöt energiankulutuksessa.



Kuva 6. Läsnaolo-ohjauksen toimintaperiaate. Ensimmäisessä kuvassa valot ovat himmennetty matalalle valaistustasolle. Toisessa kuvassa trucki ajaa hyllyväliin, sensori tekee havainnon ja valaisimet syttyvät täydelle teholla. Viimeisessä kuvassa trucki ajanut välistä pois ja määritellyn ajanjakson jälkeen valaisimet himmenevät taas matalalle tasolle.

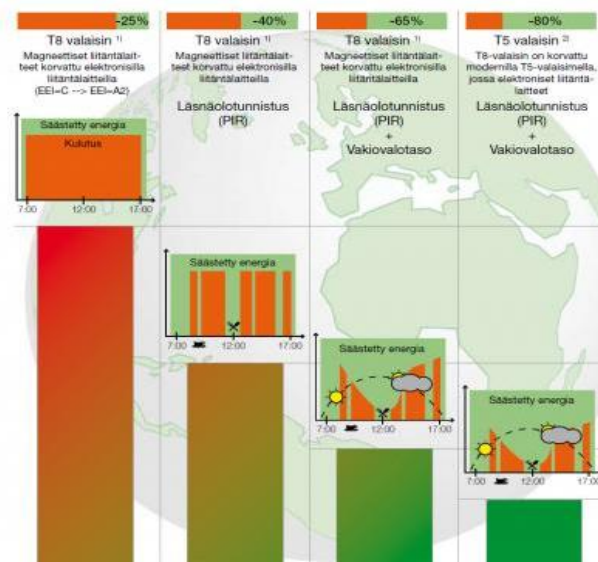
3.3 Vakiovalonsäätö

Valaisimen tuottama valovirta pienenee ajan myötä. Varsinkin nykyisien led-valaisimien elinikä määritellään ajaksi, jonka kuluttua valaisimen tuottama valovirta on pudonnut esimerkiksi 70 prosenttiin alkuperäisestä tasosta. Tällä ohjauksella valaisimen eliniän alkupäässä syötetään vähemmän tehoa valaisimeen ja tehoa kasvatetaan eliniän kasvaessa, joten valaisin tuottaa saman valovirran koko eliniänsä ajan.

Vakiovalonsäätöä voidaan hyödyntää niin sanotussa päivänvalo-ohjauksessa. Yhdessä ikkunoiden kautta tulevan valon avulla keinovalolla voidaan luoda tarvittava valaistus-taso tilaan. Ohjaukseen myös tarvitaan ohjausjärjestelmä sekä sensorit. Päivänvalo-ohjauksessa sensorit laskevat ikkunoista tulevan luonnonvalon määrän ja himmentävät keinovalaistusta, niin että haluttu valaistusvoimakkuus tilassa pysyy samana. Saavutettu säästö ohjauksella on noin 10–50 %.

3.4 Yhdistetty ohjaus

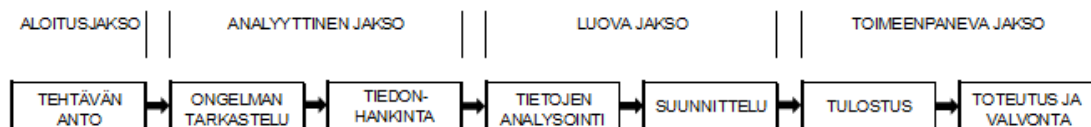
Kaikista parhain säästö saadaan yhdistämällä ohjausmenetelmiä. Yhdistetyillä ohjauksilla saavutetut säästöt voivat olla jopa 80 %. Kuvassa 7 nähdään toimistovalaistus-esimerkki, kun vanhanaikainen loistelamppuvalaistus vaihdetaan nykyaikaiseen ja lisätään ohjaus. Ensimmäisessä segmentissä on vanhanaikainen T8-loistelampuilla toteutettu valaistus suora painikeohjauksella, johon on vaihdettu elektroniset liitäntälaitteet magneettisten liitäntälaitteiden tilalle. Tästä säästöä saadaan jo 25 %. Toisessa segmentissä valaistukseen on lisätty elektronisten liitäntälaitteiden lisäksi läsnäolotunnistus, joka himmentää valaistuksen, kun työntekijä poistuu työpisteeltä. Kolmannessa segmentissä ohjaukseen on lisätty läsnäolotunnistuksen lisäksi vakiovalotasohjaus. Viimeisessä segmentissä valaisin on vaihdettu paremman valotehokkuuden omaava T5-loistelamppuvalaisin ja samat ohjaukset kuin edellisessä. Parhaimmillaan valaistuksessa saadaan 80 % energiasäästöt.



Kuva 7. Valaistuksen ohjauksen säästöjä erilaisilla ohjausmetodeilla (11)

4 Valaistussuunnittelu

Valaistussuunnittelussa pitää ottaa huomioon suunniteltavan kohteen ominaisuudet sekä mihin tilaa/kohdetta käytetään. Aina tärkeimpänä elementtinä eivät välttämättä ole valotekniset kriteerit. Lähtötietoja ovat esimerkiksi: tilojen käyttötarkoitukset, erityyppiset huoneet ja mitat, tehtävät tilassa ja tehtävien valaistukselle asettamat vaatimukset, laatutaso, päivänvalon määrä. (12, s. 11).



Kuva 8. Valaistussuunnittelun jaksot ja vaiheet (13)

Valaistussuunnittelu voidaan jakaa kuvan 8 mukaisiin jaksoihin ja vaiheisiin. Ensimmäiseksi tehtävän annossa saadaan tietää projektin päämäärä sekä ajalliset sekä taloudelliset rajat (12, s.12).

Tämän jälkeen tarkastellaan ongelmaa. Millainen on nykyinen tilanne kohteessa? Tarkastellaan uusia mahdollisuuksia ja sitä, mitä on saatavilla: uudet valonlähteet, uudet valaisimet, uusi ohjaustekniikka, uusi tieto näkemisestä. Voidaanko parantaa nykyistä kohdetta, saavuttaa säästöä energiankulutukseen ja parantaa kohteen valaistusominaisuuksia? Käytetään kokemusta hyödyksi. Onko ollut aikaisemmin samanlaisia kohteita?

Seuraava vaihe on tiedonhankinta. Tiedonhankinta voidaan jakaa kahteen alakategoriaan. Perustieto, johon kuuluu tiedonhankinta standardeista, käsikirjoista, lehdistä. Toinen alakategoria on kohdekohtainen tieto. Tässä tieto kerätään kohteen sähkösuunnittelijalta, arkkitehdiltä, rakennuttajalta, sähköpiirustuksista, tasopiirustuksista, kohdekäynnillä.

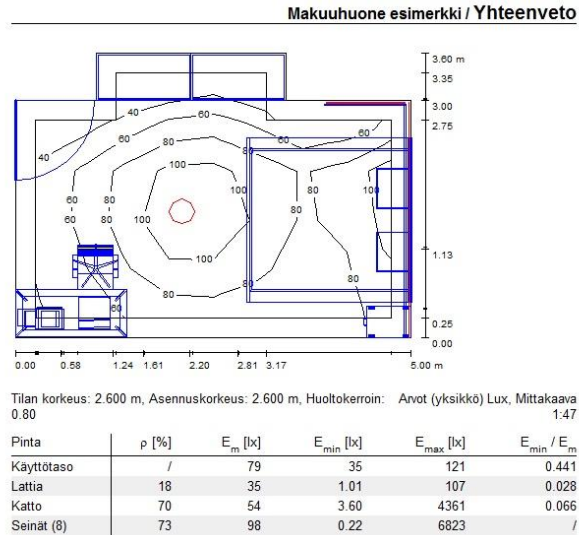
Kun kohteesta on kerätty tarvittavat tiedot, ruvetaan analysoimaan saatuja tietoja. Vastaavatko ne toimeksiannon kysymyksiä?

Suunnitteluvaiheessa mietitään erilaisia ideoita. Ei tyydytä vain yhteen ratkaisuun vaan haetaan erilaisia vaihtoehtoja. Mikä soveltuu kyseessä olevaan kohteeseen parhaiten suorituskvyn, hankinta- ja käyttökustannusten, luotettavuuden, turvallisuuden, inhimillisten tekijöiden, huollettavuuden ja yhteensopivuuden kannalta (12, s. 13 – 14)?

Tulostusvaiheessa laaditaan suunnitelman dokumentit. Jos suunnitelma menee läpi, niin siirrytään viimeiseen vaiheeseen suunnitelman toteutukseen ja valvontaan. Tässä vaiheessa loppukäyttäjää opastetaan järjestelmän käytössä ja seurataan tilannetta.

Dialux

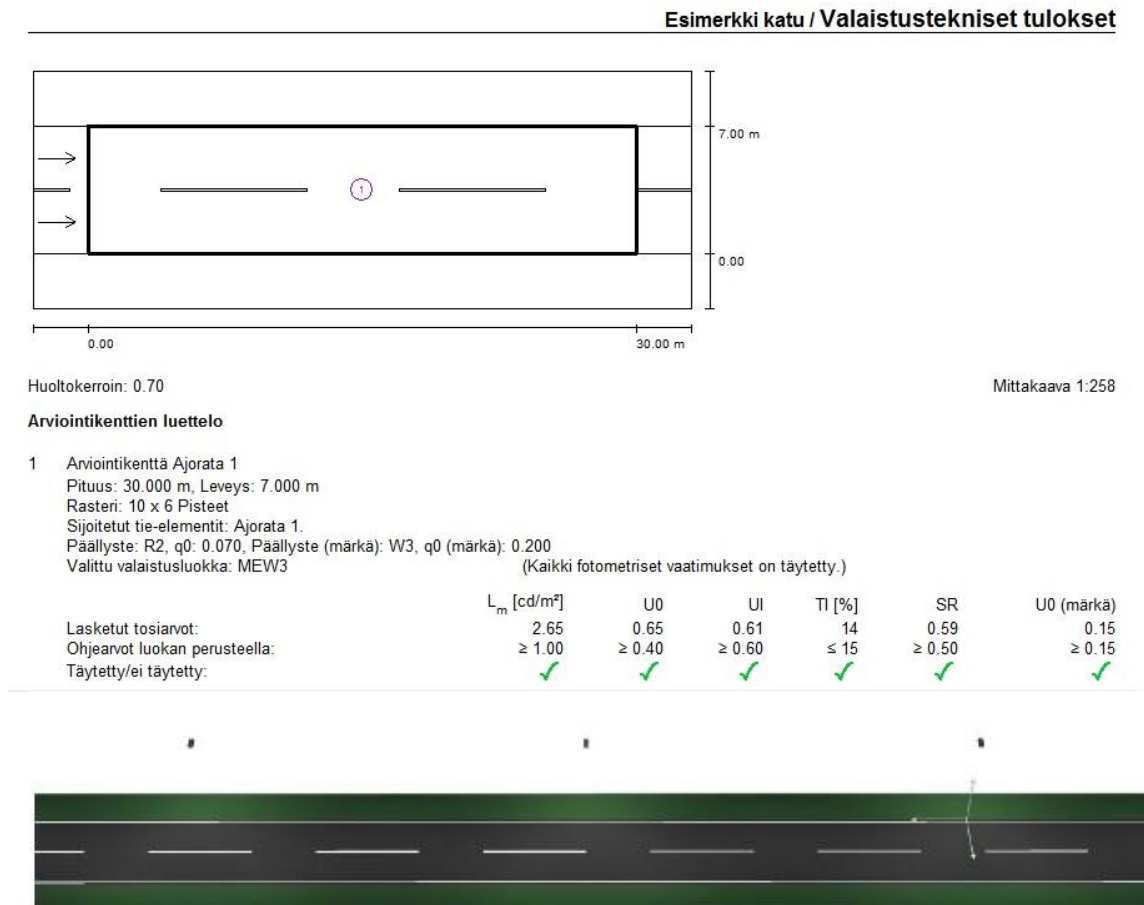
Valaistuksen suunnittelussa voidaan käyttää erilaisia menetelmiä ja työkaluja. Yksi näistä työkaluista on Dialux. Dialux on saksalaisen DIAL-yrityksen kehittämä maksuton ohjelma valaistussuunnitteluun. Tämän työn valaistussuunnitelmat laskettiin Dialuxilla.



Kuva 9. Sisävalaistuslaskenta Dialuxissa

Dialuxilla pystytään laskemaan sisä- ja ulkotilojen valaistuskohdetta sekä tievalaistusta. Ohjelmalla pystyy mallintamaan melko tarkkoja 3D-mallinnuksia kohteesta esimerkiksi CAD-kuvien perusteella. Kuvissa 9 ja 10 on suunniteltu malli esimerkkejä erilaisista

valaistustilanteista. Kuvassa 9 on makuuhuoneen valaistus ja kuvassa 10 tievalaistus-esimerkki. Ohjelmaan saa lisättyä suurimpien valaisinvalmistajien liitännäisiä, joista löytyvät niiden tuotteiden tiedot. Suunnitelman valmistumisen jälkeen Dialuxissa on monipuoliset dokumenttien tulostamismahdollisuudet. Dokumentteja saadaan valaisimen tarkoista tiedoista, kohteen valaistustuloksista, kolmiulotteisista mallinnuskuvista tai vaikkapa yhden tietyn pinnan valaistusvoimakkuudesta.



Kuva 10. Tievalaistustulokset Dialuxissa

5 Logistiikkakeskuksen valaistussuunnitelmat ja tulokset

Työn kohteena oli SLO:n keskusvaraston lavahyllyalue. Kuvassa 11 nähdään ilmakuva keskusvarastosta, joka sijaitsee Vantaalla pääkonttorin yhteydessä. SLO on Suomen johtava sähkö-, tele- ja automaatiotuotteiden toimittaja. Yritys kuuluu kansainväliseen Sonepar-konserniin, jolla on toimintaa 38 eri maassa. Suomessa SLO toimii maanlaajuisesti 36 toimipisteessä ja työllistää noin 460 henkilöä (14). Jokaisessa toimipisteessä on pieni myymälä, jossa on tuotevalikoima yleisempiä sähkötarvikkeita.

Keskusvarasto koostuu seuraavista alueista: korkeiden hyllyjen lava-alue, pientavara-alue, kaapelialue, ulkoalue, tavaroiden vastaanotto, pakkaamo ja lähettämö. Varasto on valmistunut vuonna 1996 ja lisäosalaajennus tilaan tehtiin 2008. Lämpimän alueen pinta-ala on 20 500 m² ja lämmittämättömän sisätilan pinta-ala on 2 900 m². Korkeus tilassa on noin 7 metriä. Lämmitetyn alueen lavapaikkoja on yhteensä 9 500 kappaletta ja pientavarapaikkoja yhteensä 13 600 kappaletta. Pinta-alallisesti hyllyt vievät 1 800 m² tilan varastosta. Tuotteita keskusvarastosta löytyy 20 000 eri nimikettä. Henkilökuntaa varastossa on noin 90–110 henkilöä. Henkilömäärä vaihtelee sesongin mukaan. Varaston toiminta-aika on 7–21 ja ruuhka-aika on 14–17. Viideltä varastosta lähtevät kuormat muihin SLO:n toimipisteisiin ympäri Suomea (15).



Kuva 11. SLO pääkonttori ja keskusvarasto (16)

5.1 Nykyinen tilanne

Lavahyllyalue koostuu 15 hyllyvälistä. Kuusi hyllyväliä on noin 10 metriä lyhyempiä rakennuksen muodon takia. Yhden hyllyvälin pituus on melkein 80 metriä ja leveys noin 3 metriä. Hyllyvälistä on kuvan 12 mukaan ripustuskiskoon asennettuna 26 valaisinta ja lyhyemmissä väleissä 23 valaisinta.

Varaston lava-alueen valaistus on toteutettu kapean valonjaon omaavalla Idmanin Inst-ra 2x58 watin avoimilla loistelamppuvalaisimilla. Tilassa on käytössä suora painikeohjaus eli valot saadaan kytkimestä kytkettyä päälle tai pois. Valaisimet ovat siis päällä 13 tuntia päivässä täydellä teholla.



Kuva 12. Kuvia keskusvarastosta. Korkea lavahyllyalue, lähettämö ja pientavara-alue.

Yhteen hyllyväliin on sijoitettu kokeilumielessä liikkeeseen ja läsnäoloon perustuva valaistuksen ohjaus ja avoimet T5-loistelamppuvalaisimet. Ohjaus on toteutettu Esyluxin 1-10 V:n säädöllä ja liiketunnistimilla. Tästä koekäytävästä on huomattu, että valaisimia energiatehokkaammaksi vaihtamalla ja valaistuksen ohjauksella saadaan tuntuvia säästöjä. Ohjauksen säästöt ovat olleet jopa 85 %.

Ainoa ongelma koekäytävässä on valaistuksen syttymisnopeus. Varastomies ehtii käydä hakemassa tuotteen varastohyllystä ennen kuin valaistus on saavuttanut täyden tehon, joten hyllyväli jää liian pimeäksi.

Mittauksia

Tilassa on tehty työpaikkaselvitystarkastuksien yhteydessä mittauksia valon riittävästä vuonna 2013. Varastossa valaistusvoimakkuus eri paikoista mitattuna oli noin 170 – 180 luksia. Kuten taulukosta 1 nähdään, niin se on riittävä varastoalueelle.

Taulukko 1. Varastointi- ja hyllystöalueiden valaistusvaatimustaulukko (17)

Taulukko 5.5 Yleiset tilat rakennusten sisällä – Varastointi- ja hyllystöalueet

Viitenro.	Tila, tehtävä tai toiminta	E_m lx	UGR_L	U_o	R_a	Erityisvaatimukset
5.5.1	Käytävät, ei henkilöliikennettä	20	–	0,40	40	Valaistusvoimakkuus lattiatasolla
5.5.2	Käytävät, joissa henkilöliikennettä	150	22	0,40	60	Valaistusvoimakkuus lattiatasolla
5.5.3	Käyttö- ja ohjauspaikat	150	22	0,60	80	
5.5.4	Varastohyllyn etureuna	200	–	0,40	60	Pystysuora valaistusvoimakkuus, voidaan käyttää siirrettävää valaistusta



Kuva 13. Ideal 61-686 -luksimittari

Omissa mittauksissa työkaluna käytössä oli kuvan 13 luksimittari. Tehdyissä mittauksissa saatiin eri kohdista hyllyvälejä keskimääräisesti tuloksiksi lattiatasolta 165 lx ja käyttötasolta yhden metrin korkeudesta 190 lx.

Pystysuoraa valaistusvoimakkuutta mitattaessa valaistusvoimakkuus oli keskimääräisesti 100 luksin tasolla. Mittaukset otettiin noin metrin korkeudelta kuvan 14 mukaan. Standardin mukaan pystysuora valaistusvoimakkuus pitäisi olla keskimääräisesti 200 luksia, mutta trukeissa on mukana siirrettävä valaistus, jota voi tarvittaessa käyttää.



Kuva 14. Pystysuoran valaistusvoimakkuuden mittaus

5.2 Suunnittelun vaiheet

Tehtävänä oli suunnitella uusi valaistus vanhan valaistuksen tilalle logistiikkakeskukseen ja laskea valaistustekniset hyödyt ja kustannukset. Kun tehtävä oli tiedossa, otettiin käsittelyyn analyttinen vaihe, jossa selvitettiin kohteen nykyinen valaistus kohdekäynneillä. Työn aikana kokouksia pidettiin keskusvaraston päällikön, kiinteistönhoitajan ja työterveyshoitajan kanssa, joilta sain tarkempaa tietoa varastosta. Tapasin tuotepäälliköitä, joiden kanssa päätettiin valaisimet, joita suunnitelmissa käytettäisiin. Tutkin myös muita logistiikkakeskuskohteita, joissa valaistus oli toteutettu led-tekniikalla.

Uusi valaistussuunnitelma tehtiin lavahyllyalueeseen kolmella eri vaihtoehdolla. Ensimmäiseksi vaihtoehdoksi valittiin lampun vaihdolla hoituva muutos eli perinteisten loistelamppujen tilalle asennettaisiin led-valoputket. Näin pystyttiin helposti arvioimaan kustannukset, halvimalla ratkaisulla ilman, että joudutaan tekemään valaisinvaihtoa. Toisessa suunnitelmassa valittiin Philipsin Pacific led-valaisin, koska valaisimessa on

hyvä valotehokkuus ja se on helppo sijoittaa vanhojen valaisimien tilalle. Viimeisenä vaihtoehtona otettiin käsittelyyn led-syväsiteilijävalaisin, jolla katsotaan, voidaanko valaisimien määrää vähentää tilassa. Uusi valaistus suunniteltiin Dialux-valaistuskalkulaattorin versiolla 4.10. Tilasta laskentaan on otettu kolme hyllynväliä laskennan nopeuttamiseksi.

Valaistussuunnittelun jälkeen tulokset tarkastettiin ja kustannukset laskettiin eri vaihtoehdoille. Lopuksi vaihtoehtojen kustannuksista tehtiin yhteenveto.

5.3 Suunnitelma 1

Tätä työtä kirjoittaessa varaston valaistukseen on aloitettu lamppujen ryhmävaihto, jossa perinteisten 58 w loisteputkien tilalle vaihdetaan LED-valoputket. Ensimmäiseen suunnitelmaan otettiin laskentaan Osramin SubstiTube Advanced –valoputket. Lampun tiedot:

- lampun teho: 28 W
- nimellinen valovirta: 3400 lm
- valotehokkuus: 121 lm/W
- elinikä: 50 000 h (L50B50)
- värilämpötila: 4000 K.



Kuva 15. Osramin LED-valoputki (10)

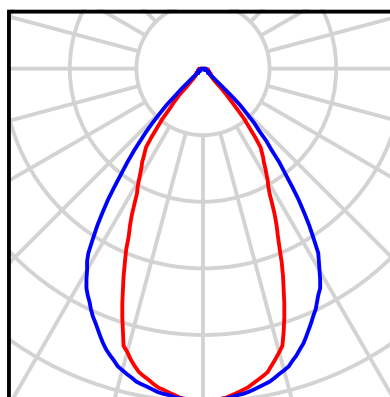
Mittauksia tehdessä huomasin uusittujen hyllyvälien valaistusvoimakkuuden kasvaneen. Lattiatasossa mittaustulosten keskimääräinen valaistusvoimakkuus oli 194 lx ja käyttötasolta yhden metrin korkeudessa 200 lx. Pystysuora valaistusvoimakkuus vastasi loistelamppuvalaisinten tasoa. Verrattuna varaston 58 w loistelamppuvalaisimiin valaistusvoimakkuus on hieman suurempi, mutta tämä saattaa johtua aikaisempien loisteputkien likaisuudesta.

Valoputken vaihto on hyvä keino säästää energiaa ja se on edullinen vaihtoehto, joka maksaa nopeasti itsensä takaisin. Tuotepäällikön tekemien laskelmien mukaan, kun kaikki varaston loisteputket on vaihdettu led-valoputkiin, takaisinmaksuaika olisi 1,7 vuotta.

5.4 Suunnitelma 2

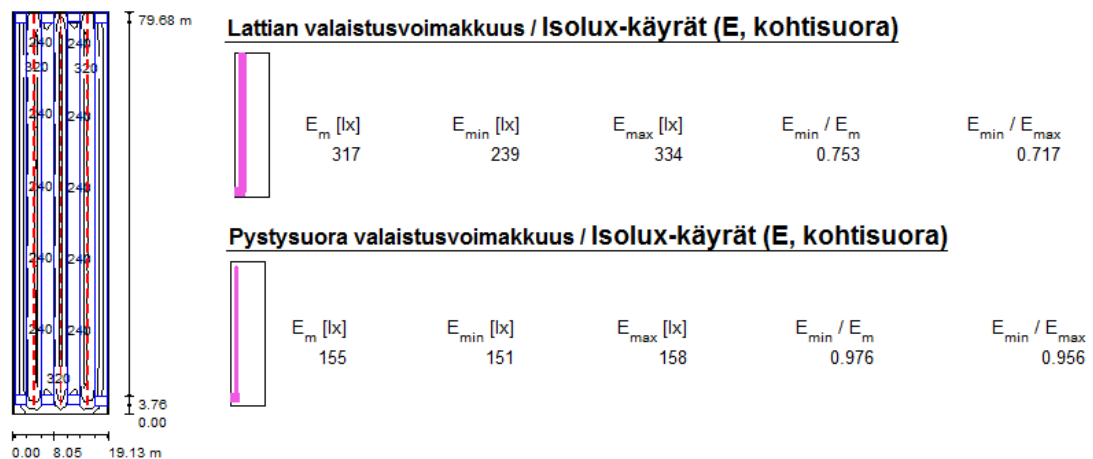
Toiseen suunnitelmaan valittiin valaisimeksi Philipsin Pacific LED WT460C. Valaisimen ominaisuudet:

- järjestelmän teho: 54 W
- nimellinen valovirta: 6400 lm
- valotehokkuus: 119 lm/W
- elinikä: 70 000 h (L70B50)
- valonjako: kapea valonjako
- värilämpötila: 4000 K
- koko: 1600 mm x 118 mm



Kuva 16. Philips Pacific LED WT460C ja valaisimen valonjako (18)

Valaisin soveltuu hyvin muodon ja tehon vuoksi korvaamaan perinteisten loisteputkien käyttäviä teollisuusvalaisimia. Kuvassa 16 nähdään valaisin ja valaisimen valonjako. Kapealla valonjaolla saadaan valo hyvin suunnattua, joka on tärkeää korkeissa tiloissa.



Kuva 17. Pacific LED WT460C lattiatason ja hyllyn pystysuora valaistusvoimakkuus

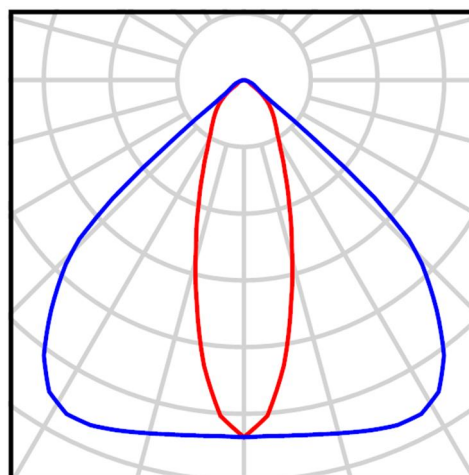
Valaisimet sijoitettiin nykyisten valaisinpositioiden paikalle ripustuskiskoon. Kuvassa 17 nähdään laskentatuloksien valaistusvoimakkuudet lattiatasossa ja hyllyjen pystysuora valaistusvoimakkuus. Pystysuoran valaistusvoimakkuuden laskenta-alue oli määritetty 1-4 metrin korkeudelle.

Valaisimilla saadaan nykyistä korkeampi valaistusvoimakkuus. Tilannetta saadaan muutettua vähentämällä valaisimien määrää tai lisäämällä tilaan ohjauksen. Tilaan valaisimia on sijoitettu yhteensä 372 kappaletta.

5.5 Suunnitelma 3

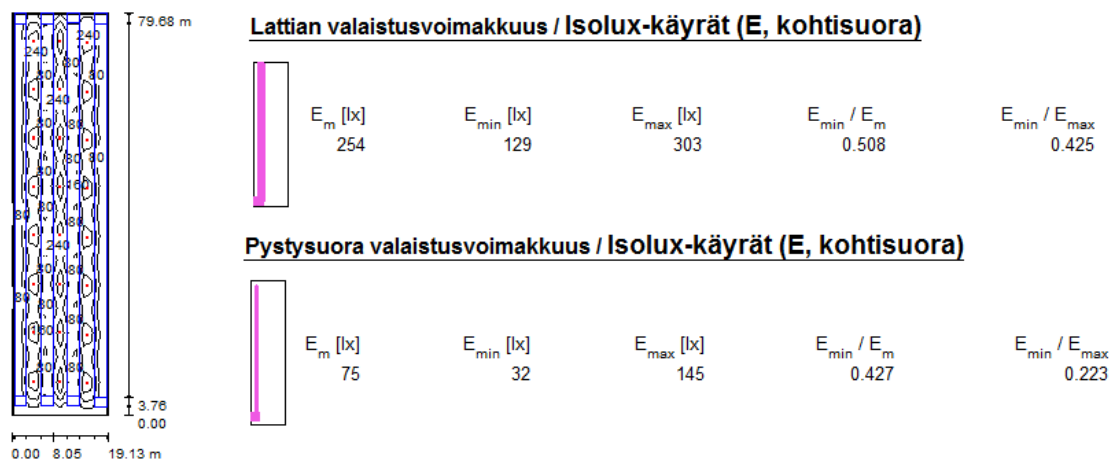
Tässä suunnitelmassa otettiin laskentaan Philipsin Gentlespace BY470P LED-syväsiteilijävalaisin. Valaisimessa on käytössä High Rack-optiikka, joka on korkeiden hyllytilojen valaisuun tarkoitettu. Tällä optiikalla saadaan valo suunnattua käytäville hyvin. Valaisimen ominaisuudet:

- järjestelmän teho: 119 W
- nimellinen valovirta: 13 000 lm
- valotehokkuus: 109 lm/W
- elinikä: 70 000 h (L70B50)
- valonjako: High Rack-optiikka
- värilämpötila: 4000 K
- koko: 450 x 350 mm



Kuva 18. Philips Gentlespace BY470P ja valaisimen valonjako (19)

Valaisimella saadaan valaisimien määrää huomattavasti vähennettyä. Nykyisiä valaisimia tilassa on 372 kappaletta ja Gentlespace-valaisinta tarvittaisiin vain 114 kappaletta, jotta lattiatason valaistusvoimakkuus saadaan täytettyä.



Kuva 19. Gentlespace BY470P lattiatason ja hyllyn pystysuora valaistusvoimakkuus

Valaisimet on sijoitettu olemassa olevaan ripustuskiskoon. Kuvassa 19 nähdään valaistusvoimakkuudet lattiatasossa ja hyllyn pystysuora valaistusvoimakkuus. Lattiatason valaistusvoimakkuus vastaa standardin vaatimia arvoja, mutta hyllyn pystysuora valaistusvoimakkuus jää hieman vajaaksi. Nykyisessä tilanteessa valaistusvoimakkuus pystypinnoilta oli noin 100 luksin luokkaa metrin korkeudessa, joten arvo on siedettävä. Valaistuksen tasaisuus pysyy myös valaisimilla hyvällä tasolla. Keskimääräinen valaistuksen tasaisuus nähdään kuvassa 19:sta neljännestä sarakkeesta. Tasaisuus molemmissa mittauspisteissä täyttää taulukossa 1 nähdyt vaatimukset.

6 Kustannuslaskelmat

Valaisimien ryhmävaihtourakassa kustannuslaskelmiin pitää ottaa huomioon monta asiaa. Kustannukset koostuvat investointi- ja käyttökustannuksista. Investointikustannuksiin kuuluvat valaisimien- ja lamppujen hankintakustannukset sekä asennus- ja vaihtokustannukset. Käyttökustannukset sisältävät energia- ja huoltokustannukset. Laskenta-ajaksi on valittu 10 vuotta. Tämän työn valaistuskustannuslaskelmassa on käytetty hyödyksi Ruotsin energiaviranomaisten malliin perustuvaa vertailulaskelmataulukkoa.

6.1 Valaisin- ja lamppukustannukset

Seuraavat kustannukset ovat laskettu tuotteiden arvolisäverottomilla ohjehinnoilla. Philipsin tuotteille hinnat saatiin asiakaspalvelusta ja led-valoputkien hinnat SLO:n hinnastosta. Philips Pacific WT460C -valaisimesta on taulukossa 2 tavallisella liitäntälaitteella oleva versio sekä DALI-liitäntälaitteinen versio. Gentlespace BY470P:stä on saatavilla vain DALI-liitäntälaitteinen versio.

Taulukko 2. Valaisin- ja lamppukustannukset

Valaisin/lamppu	Määrä (kpl)	Valaisimen/lampun hinta (e)	Valaisimen /lampun hankintakustannus yht (e)
Osram Substitube Advanced	744	49	36456
Philips Pacific WT460C	372	292	108624
Philips Pacific WT460C DALI	372	316	117552
Philips Gentlespace BY470P	114	550	62700

Lopullisen käyttäjän hankintahinta riippuu valaisimien ostoketjusta. Tuotteet kulkevat toimittajan kautta tukkurille, tukkurin kautta urakoitsijalle ja lopulta loppukäyttäjälle. Ohjehinnoista hinta laskee muutamia prosentteja urakointikohteissa.

6.2 Valaistuksen ohjausjärjestelmän kustannukset

Tämän logistiikkakeskuksen valaistuksen ohjaukseen valittiin liike- ja paikallaoloon perustuva ohjaus ja järjestelmäksi DALI. Valaistuksen ohjausjärjestelmä kokonaisuudessaan sisältäisi valaisimet DALI-liitäntälaitteilla, reitittimet ja sensorit. Järjestelmään voisi vielä mahdollisesti lisätä seinäpaneeli, jolla valaistusta pystyisi ohjaamaan manuaalisesti esimerkiksi siivouksen ajan. Muutoin kaikki konfiguraatio hoidettaisiin tietokoneelta käsin.

Tuotteet järjestelmän toteuttamiseen ovat reititin, sensorit ja seinäpaneeli tarvittaessa. Apua tuotteiden valintaan sekä hinnat saatiin Helvarin edustajan kanssa käydyssä puhelinkeskustelussa (20). Hinnat ovat tuotteiden verottomia ohjehintoja. Reititin olisi Helvarin Digidim 910 ja sensorit Helvarin 317 PIR-tunnistin. Led-valoputkiin ei saa lisättyä ohjausta, joten käsittelyssä ovat vain Philipsin led-valaisimet. Pacific led-valaisimelle järjestelmään tarvitaan 3 kappaletta 910-reitittimiä ja 60 kappaletta sensoreita. Gentlespacen järjestelmään riittää yksi reititin, koska yhteen reitittimeen saa lisättyä 128 kappaletta valaisimia. Sensorien määrä pysyy samana. Taulukosta 3 nähdään järjestelmän kustannukset.

Järjestelmän asennuksen hoitaisi myös Helvar. Työmääräksi arvioitiin kaksi päivää. Asennushinta päivää kohden on 720 euroa.

Taulukko 3. Valaistuksen ohjausjärjestelmän kustannukset

Valaisin/lamppu	Reititin 910 Digidim (kpl)	Reititin hinta (e/kpl)	Sensori 317 PIR(kpl)	Sensorit hinta (e/kpl)	Asennus- kustannus (e)	Valaistuksen ohjaus yht(e)
Philips Pacific WT460C DALI	3	985	60	155	1440	13695
Philips Gentlespace BY470P	1	985	60	155	1440	11725

6.3 Asennus- ja vaihtokustannukset

Asennuskustannukset koostuvat monesta osasta. Näitä ovat valaisimien asennustyö, vanhojen valaisimien vaihto ja kierrätys, asentajien lounaskorvaukset jne. Hinnat ovat saatu tiedustelemalla yksityiseltä urakointiyritykseltä ja urakointiyritysten käyttämästä hinnastotaulukosta, joka löytyy sähköistysalan työehtosopimuksesta.

Taulukko 4. Valaisimien asennushinnasto (21)

2910 VALAISIMEN ASENNUS				
	Suurin sivupituus 175 cm Valaisimen kiinnityskohtien lukumäärä 1–4	1 Puu	2 Kivi, me- talli	3 Kiin- nittä- mättä
	€/kpl			
11	Paino enintään 3 kg	4,11	4,75	1,94
12	Paino enintään 6 kg	5,62	7,13	2,81
13	Paino enintään 12 kg	6,70	8,21	3,46
14	Erillinen seinävarsi/levy	1,74	3,18	
		1		
21	Ylittävän painon lisähinta aina alkavaa 5 kg kohti	1,30		
22	Ylittävän pituuden lisähinta aina alkavaa 50 cm kohti	1,38		
23	Ylimenevät kiinnityskohdat	1,18		

Työehtosopimuksessa on määriteltä yhden valaisimen asennuskustannus. Taulukossa 4 nähdään mistä valaisimen asennuskustannus koostuu. Tässä kohteessa urakointiyrityksen edustajan kanssa käydyn keskustelun perusteella hinta valittiin ensimmäisestä sarakkeesta, koska asennus tulee valaisinkiskoon. Kertoimeksi valaisimen asennuksella sain 2,7 sisältäen asennuksen kaikki vaiheet. Asennuskerroin koostuu kaikesta asennukseen liittyvästä työstä.

Ensimmäisen suunnitelman lamppuvaihdon kustannukset laskettiin tuotepäälliköltä saatujen tietojen mukaan. Yhden valaisimen lamppuvaihtokustannukset olivat kaikkine töineen 2,5 euroa per lamppu. Tämä sisälsi putken vaihdon, kondensaattorin poistamisen valaisimesta (häviötehon poistamiseksi) ja sytyttimen vaihdon.

Taulukko 5. Valaisimien asennuskustannukset

Valaisin/lamppu	Määrä (kpl)	Valaisimen / lampun asennus (e/kpl)	Asennuskerroin	Valaisimen /lamppujen asennus yht
Osram Substitube Advance	744	5		3720
Philips Pacific WT460C	372	5.62	2.7	5644.728
Philips Gentlespace BY470F	114	8	2.7	2462.4

6.4 Energiakustannukset

Taulukossa 6 nähdään arviolta vuosittaiset energiakustannukset. Sähkön hinta työtä tehdessä on noin 0,10 e/kWh. Käyttötuntimäärä on 13 tuntia päivässä ja työpäiviä vuodessa hieman yli 250, joten hieman yläkanttiin arvioituna vuosittainen käyttötuntimäärä on 3500 tuntia. Energiakustannukset ovat laskettu valaisimien järjestelmätehon ja valoputken kokonaistehon mukaan. Liitäntälaitteiden häviöitä ei ole laskettu. Käyttökerroin saadaan siitä, onko valaisimessa ohjausta vai ei. Laskentakerroin tulee laskentaajan korosta.

Taulukko 6. Energiakustannukset

Valaisin/lamppu	Määrä (kpl)	Valaisimen /lampun teho (W)	Kokonais teho (Wkok)	Käyttötuntimäärä (h)	Energian kulutus vuodessa (kW/h)	Energian hinta (e/kWh)	Käyttökerroin	Laskentakerroin	Energiakustannukset yht (e)
Osram Substitube Advanced	744	28	20832	3500	72912	0,10	1	7.52	54795
Philips Pacific WT460C	372	54	20088	3500	70308	0,10	1	7.52	52838
Philips Pacific WT460C DALI	372	54	20088	3500	49215,6	0,10	0.7	7.52	36987
Philips Gentlespace BY470P	114	119	13566	3500	33236,7	0,10	0.7	7.52	24978

6.5 Huoltokustannukset

Viimeisenä otetaan huomioon valaisimien huoltokustannukset. Huoltokustannuksiin kuuluu valaisimien lamppujen vaihto- ja puhdistuskustannukset. Työkustannus saatiin huoltoyhtiöltä. Koska valitut tuotteet ovat led-valaisimia, lamppujen vaihtoa ei otettu laskentaan mukaan. Led-valoputketkin ovat niin pitkäikäisiä, että huoltoon on laskettu vain valaisimien puhdistuskustannukset kuten taulukosta 7 nähdään. Jotta tarvittava valaistusvoimakkuus valaisimissa saadaan pidettyä halutulla tasolla, on puhdistusväliksi laskettu 2 vuotta.

Taulukko 7. Valaisimien puhdistuskustannukset

Valaisin/lamppu	Määrä (kpl)	Työkustannus (e/kpl)	Työkustannus per valaisin (e)	Puhdistusväli (a)	Puhdistuskustannukset 10 v
Osram Substitube Advanced	372	4	1488	2	7440
Philips Pacific WT460C	372	4	1488	2	7440
Philips Gentlespace BY470P	114	4	456	2	2280

6.6 Kokonaiskustannukset

Kokonaiskustannukset nähdään taulukosta 8. Tulokset saadaan laskemalla kaikki yllä olevat kustannukset yhteen.

Taulukko 8. Kokonaiskustannukset

Valaisin/lamppu	Valaisin-kustannukset (e)	Ohjausjärjestelmän kustannukset (e)	Asennus-kustannukset (e)	Energia-kustannukset (e)	Huolto-kustannukset (e)	Kokonaiskustannus (e)
Osram Substitube Advanced	36456	0	3720	54795	7440	102411
Philips Pacific WT460C	108624	0	5644	52838	7440	174546
Philips Pacific WT460C DALI	117552	13695	5644	36987	7440	181318
Philips Gentlespace BY470P	62700	11725	2462	24978	2280	104145

7 Tulosten tarkastelu

Tulosten perusteella kymmenen vuoden laskenta-ajalla loisteputkien vaihto led-valoputkiin tulisi edullisimmaksi vaihtoehdoksi. Jos laskenta-aika olisi pidemmälle aikavälille, niin suunnitelma nro 3:n syväsäteilijävalaisin olisi ollut edullisin vaihtoehto. Tästä huomataan, että pelkällä valaisimien hankintakustannuksilla ei päästä valaistuksen vaihdon lopulliseen kustannukseen. Tulokset ovat suuntaa-antavia, koska esimerkiksi valaistuksenohjaukselle on laskettu 30 % säästöt. Läsnäolo-ohjauksella säästöt saattavat olla suuremmatkin, niin kuin koekäytävän mittauksissa on käynyt ilmi.

Jos energiakustannukset lasketaan vanhalle 2x58W loisteputkivalaistukselle, niin tulokset puhuvat valaistuksen vaihdon puolesta. Ruotsin energiaviranomaisten laskentamallin kaavan mukaan vanha valaistus kuluttaa 151 000 kW/h vuodessa. Kustannukset olisivat siis kymmenen vuoden ajanjaksolla yli 110 000 euroa. Tällä rahasummalla pystyisi jo kustantamaan suunnitelman 1 tai 3.

Valaistussuunnittelussa on tärkeää tietää nykyaikaiset työkalut ja saatavilla olevat valaistusvaihtoehdot. Ala on ledien markkinoille tulon ja EU:n säädösten takia jatkuvassa muutoksessa.

Lähteet

- 1 Liisa Halonen ja Marjukka Eloholma. Duodecim verkkosivut. 2005. Keinovalon historia. Verkkodokumentti. <http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/kokoelmat;jsessionid=D72E8BA4B2F7AD07DDF2D316ADB0DA6F?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_lifecycle=0&doAsUserId=zwfvmztrxbow&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_doAsUserId=zwfvmztrxbow&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_p_frompage=uusinnumero&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_viewType=viewArticle&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_tunnus=duo95374>. Luettu 14.4.2015
- 2 Philips Sisävalaisimet 2006-2007.
- 3 Sähkönumerot verkkosivut. Verkkodokumentti < <https://www.sahkonumerot.fi/> > . Luettu 5.4.2015
- 4 Martikainen, Marko. 2014. Myyntijohtaja, Osram, Helsinki. Puhelinpalaveri 15.8.2014
- 5 **Eri kirjoittajia**. 1998. Lamput ja valaisimet: Valaistustekniikka-sarja osa 2. Espoo: Gummerrus Kirjapaino Oy
- 6 Osram verkkosivut. 2015. Lamput. Verkkodokumentti. < http://www.osram.fi/osram_fi/tuotteet/lamput/yksikantaloistelamput/index.jsp>. Luettu 5.4.2015
- 7 Martikainen, Marko. 2014. Myyntijohtaja, Osram, Helsinki. Sähköpostikeskustelu 1.9.2014
- 8 Osramin verkkosivut. 2015. Suurpainelamput. Verkkodokumentti < http://www.osram.fi/osram_fi/uutiset--tiedot/suurpainelamput/index.jsp> Luettu. 5.4.2015
- 9 Osramin verkkosivut. LED basics. Verkkodokumentti <http://www.osram.com/osram_com/news-and-knowledge/led-home/professional-knowledge/led-basics/basic-knowledge/index.jsp>. Luettu 17.9.2014
- 10 Osramin verkkosivut. Substitube Advanced. Verkkodokumentti. <http://www.osram.fi/osram_fi/tuotteet/led-teknologia/lamput/led-loistelamppu/substitube-advanced/index.jsp#> Luettu 13.3.2015
- 11 Helvarin verkkosivut. 2015. Energiansäästö. Verkkodokumentti <www.helvar.fi/solutions/energy-savings> . Luettu 25.4.2015
- 12 ST-kortisto. ST 58.04 Ohjeita valaistuksen suunnitteluun ja toteutukseen. 2013.
- 13 **Eri kirjoittajia**. 1982. Valaistustekniikan käsikirja II. Helsinki: Sähköurakoitsijaliiton Koulutus ja Kustannus Oy
- 14 SLO:n verkkosivut. Palvelut. Verkkodokumentti <<https://www.slo.fi/slo.fi/services/Sivut/default.aspx>>. Luettu 2.1.15

- 15 Peltola, Tom. 2014. Keskusvaraston päällikkö, SLO, Helsinki, Palaveri (merkkää pvm)
- 16 SLO:n verkkosivut. 2012. Vahva Suomessa, vahva maailmalla. Verkkodokumentti. <<http://www.slo.fi/www/fi/TietoaYrityksesta/Sivut/default.aspx>>. Luettu 15.12.2014.
- 17 Suomen standardisoimisliitto. 2010. SFS-EN 12464-1
- 18 Philipsin verkkosivut. 2014. Pacific LED WT460C. Verkkodokumentti. <<http://www.ecat.lighting.philips.fi/l/sisaevalaisimet/vesitiiviit-ja-puhdastilojen-valaisimet/pacific-led-wt460c/39282/cat/>>. Luettu 13.3.2015
- 19 Philipsin verkkosivut. 2014. Gentlespace gen2. Verkkodokumentti. <<http://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/high-bay-and-low-bay/high-bay/gentlespace-gen2.html>>. Luettu 13.3.2015
- 20 Nyberg, Timo. 2015. Sales and Technical support, Helvar, Helsinki. Puhelinpalaveri 30.4.2015
- 21 Sähköliiton verkkosivut. Sähköistysalan työehtosopimus. Verkkodokumentti <http://sahkoliitto-fi-bin.directo.fi/@Bin/5064c508aa2010aab31d6a348459bbc2/1430760192/application/pdf/530012/S%C3%A4hk%C3%B6istysalan_TES_2012_2014.pdf>. Luettu 3.3.2015

SLO logistiikkakeskus

Suunnitelma 2

Yhteyshenkilö:
Tilausnumero:
Toiminimi:
Asiakasnumero:

Päivämäärä: 12.05.2015
Tekijä:

SLO logistiikkakeskus

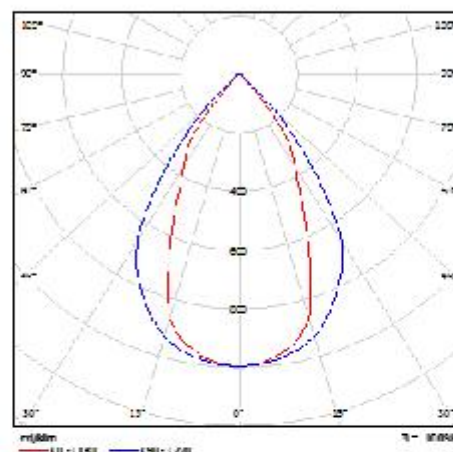


Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

PHILIPS WT460C L1600 NB LED64S/- No / Valaisintietoarkki

Valaistu alue 1:

Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.



Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 91 97
99 100 100

Valaistu alue 1:

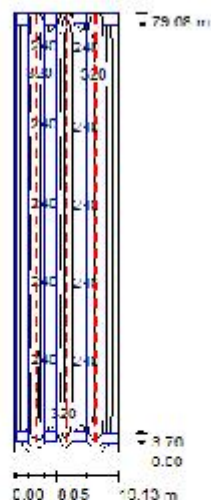
Hienkalkyyloinen UVC-N mukainen												
λ, nm	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
λ, nm	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
λ, nm	620	630	640	650	660	670	680	690	700	710	720	730
λ, nm	740	750	760	770	780	790	800	810	820	830	840	850
λ, nm	860	870	880	890	900	910	920	930	940	950	960	970
λ, nm	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090
λ, nm	1100	1110	1120	1130	1140	1150	1160	1170	1180	1190	1200	1210
λ, nm	1220	1230	1240	1250	1260	1270	1280	1290	1300	1310	1320	1330
λ, nm	1340	1350	1360	1370	1380	1390	1400	1410	1420	1430	1440	1450
λ, nm	1460	1470	1480	1490	1500	1510	1520	1530	1540	1550	1560	1570
λ, nm	1580	1590	1600	1610	1620	1630	1640	1650	1660	1670	1680	1690
λ, nm	1700	1710	1720	1730	1740	1750	1760	1770	1780	1790	1800	1810
λ, nm	1820	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930
λ, nm	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050
λ, nm	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2150	2160	2170
λ, nm	2180	2190	2200	2210	2220	2230	2240	2250	2260	2270	2280	2290
λ, nm	2300	2310	2320	2330	2340	2350	2360	2370	2380	2390	2400	2410
λ, nm	2420	2430	2440	2450	2460	2470	2480	2490	2500	2510	2520	2530
λ, nm	2540	2550	2560	2570	2580	2590	2600	2610	2620	2630	2640	2650
λ, nm	2660	2670	2680	2690	2700	2710	2720	2730	2740	2750	2760	2770
λ, nm	2780	2790	2800	2810	2820	2830	2840	2850	2860	2870	2880	2890
λ, nm	2900	2910	2920	2930	2940	2950	2960	2970	2980	2990	3000	3010
λ, nm	3020	3030	3040	3050	3060	3070	3080	3090	3100	3110	3120	3130
λ, nm	3140	3150	3160	3170	3180	3190	3200	3210	3220	3230	3240	3250
λ, nm	3260	3270	3280	3290	3300	3310	3320	3330	3340	3350	3360	3370
λ, nm	3380	3390	3400	3410	3420	3430	3440	3450	3460	3470	3480	3490
λ, nm	3500	3510	3520	3530	3540	3550	3560	3570	3580	3590	3600	3610
λ, nm	3620	3630	3640	3650	3660	3670	3680	3690	3700	3710	3720	3730
λ, nm	3740	3750	3760	3770	3780	3790	3800	3810	3820	3830	3840	3850
λ, nm	3860	3870	3880	3890	3900	3910	3920	3930	3940	3950	3960	3970
λ, nm	3980	3990	4000	4010	4020	4030	4040	4050	4060	4070	4080	4090
λ, nm	4100	4110	4120	4130	4140	4150	4160	4170	4180	4190	4200	4210
λ, nm	4220	4230	4240	4250	4260	4270	4280	4290	4300	4310	4320	4330
λ, nm	4340	4350	4360	4370	4380	4390	4400	4410	4420	4430	4440	4450
λ, nm	4460	4470	4480	4490	4500	4510	4520	4530	4540	4550	4560	4570
λ, nm	4580	4590	4600	4610	4620	4630	4640	4650	4660	4670	4680	4690
λ, nm	4700	4710	4720	4730	4740	4750	4760	4770	4780	4790	4800	4810
λ, nm	4820	4830	4840	4850	4860	4870	4880	4890	4900	4910	4920	4930
λ, nm	4940	4950	4960	4970	4980	4990	5000	5010	5020	5030	5040	5050
λ, nm	5060	5070	5080	5090	5100	5110	5120	5130	5140	5150	5160	5170
λ, nm	5180	5190	5200	5210	5220	5230	5240	5250	5260	5270	5280	5290
λ, nm	5300	5310	5320	5330	5340	5350	5360	5370	5380	5390	5400	5410
λ, nm	5420	5430	5440	5450	5460	5470	5480	5490	5500	5510	5520	5530
λ, nm	5540	5550	5560	5570	5580	5590	5600	5610	5620	5630	5640	5650
λ, nm	5660	5670	5680	5690	5700	5710	5720	5730	5740	5750	5760	5770
λ, nm	5780	5790	5800	5810	5820	5830	5840	5850	5860	5870	5880	5890
λ, nm	5900	5910	5920	5930	5940	5950	5960	5970	5980	5990	6000	6010
λ, nm	6020	6030	6040	6050	6060	6070	6080	6090	6100	6110	6120	6130
λ, nm	6140	6150	6160	6170	6180	6190	6200	6210	6220	6230	6240	6250
λ, nm	6260	6270	6280	6290	6300	6310	6320	6330	6340	6350	6360	6370
λ, nm	6380	6390	6400	6410	6420	6430	6440	6450	6460	6470	6480	6490
λ, nm	6500	6510	6520	6530	6540	6550	6560	6570	6580	6590	6600	6610
λ, nm	6620	6630	6640	6650	6660	6670	6680	6690	6700	6710	6720	6730
λ, nm	6740	6750	6760	6770	6780	6790	6800	6810	6820	6830	6840	6850
λ, nm	6860	6870	6880	6890	6900	6910	6920	6930	6940	6950	6960	6970
λ, nm	6980	6990	7000	7010	7020	7030	7040	7050	7060	7070	7080	7090
λ, nm	7100	7110	7120	7130	7140	7150	7160	7170	7180	7190	7200	7210
λ, nm	7220	7230	7240	7250	7260	7270	7280	7290	7300	7310	7320	7330
λ, nm	7340	7350	7360	7370	7380	7390	7400	7410	7420	7430	7440	7450
λ, nm	7460	7470	7480	7490	7500	7510	7520	7530	7540	7550	7560	7570
λ, nm	7580	7590	7600	7610	7620	7630	7640	7650	7660	7670	7680	7690
λ, nm	7700	7710	7720	7730	7740	7750	7760	7770	7780	7790	7800	7810
λ, nm	7820	7830	7840	7850	7860	7870	7880	7890	7900	7910	7920	7930
λ, nm	7940	7950	7960	7970	7980	7990	8000	8010	8020	8030	8040	8050
λ, nm	8060	8070	8080	8090	8100	8110	8120	8130	8140	8150	8160	8170
λ, nm	8180	8190	8200	8210	8220	8230	8240	8250	8260	8270	8280	8290
λ, nm	8300	8310	8320	8330	8340	8350	8360	8370	8380	8390	8400	8410
λ, nm	8420	8430	8440	8450	8460	8470	8480	8490	8500	8510	8520	8530
λ, nm	8540	8550	8560	8570	8580	8590	8600	8610	8620	8630	8640	8650
λ, nm	8660	8670	8680	8690	8700	8710	8720	8730	8740	8750	8760	8770
λ, nm	8780	8790	8800	8810	8820	8830	8840	8850	8860	8870	8880	8890
λ, nm	8900	8910	8920	8930	8940	8950	8960	8970	8980	8990	9000	9010
λ, nm	9020	9030	9040	9050	9060	9070	9080	9090	9100	9110	9120	9130
λ, nm	9140	9150	9160	9170	9180	9190	9200	9210	9220	9230	9240	9250
λ, nm	9260	9270	9280	9290	9300	9310	9320	9330	9340	9350	9360	9370
λ, nm	9380	9390	9400	9410	9420	9430	9440	9450	9460	9470	9480	9490
λ, nm	9500	9510	9520	9530	9540	9550	9560	9570	9580	9590	9600	9610
λ, nm	9620	9630	9640	9650	9660	9670	9680	9690	9700	9710	9720	9730
λ, nm	9740	9750	9760	9770	9780	9790	9800	9810	9820	9830	9840	9850
λ, nm	9860	9870	9880	9890	9900	9910	9920	9930	9940	9950	9960	9970
λ, nm	9980	9990	10000	10010	10020	10030	10040	10050	10060	10070	10080	10090
λ, nm	10100	10110	10120	10130	10140	10150	10160	10170	10180	10190	10200	10210
λ, nm	10220	10230	10240	10250	10260	10270	10280	10290	10300	10310	10320	10330
λ, nm	10340	10350	10360	10370	10380	10390	10400	10410	10420	10430	10440	10450
λ, nm	10460	10470	10480	10490	10500	10510	10520	10530	10540	10550	10560	10570
λ, nm	10580	10590	10600	10610	10620	10630	10640	10650	10660	10670	10680	10690
λ, nm	10700	10710	10720	10730	10740	10750	10760	10770	10780	10790	10800	10810
λ, nm	10820	10830	10840	10850	10860	10870	10880	10890	10900	10910	10920	10930
λ, nm	10940	10950	10960	10970	10980	10990	11000	11010	11020	11030	11040	11050
λ, nm	11060	11070	11080	11090	11100	11110	11120	11130	11140	11150	11160	11170
λ, nm	11180	11190	11200	11210	11220	11230	11240	11250	11260	11270	11280	11290
λ, nm	11300	11310	11320	11330	11340	11350	11360	11370	11380	11390	11400	11410
λ, nm	11420	11430	11440	11450	11460	11470	11480	11490	11500	11510	11520	11530
λ, nm	11540	11550	11560	11570	11580	11590	11600	11610	11620	11630	11640	11650
λ, nm	11660											

SLO logistiikkakeskus



Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suunnitelma 2 / Yhteenvedo



Tilan korkeus: 7.250 m, Asennuskorkeus: 6.250 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:1024

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	225	9.80	377	0.044
Lattia	20	140	5.49	324	0.039
Katto	70	31	15	41	0.502
Seinät (4)	50	31	9.64	382	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 49 x 12 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	78	PHILIPS WT460C L1600 NB LED64S/- No (1.000)	6381	6400	54.0
Yhteensä:			497721	Yhteensä: 499200	4212.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $2.76 \text{ W/m}^2 = 1.23 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1524.16 m^2)

SLO logistiikkakeskus



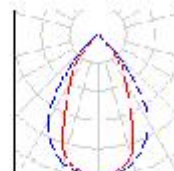
DIALux
12.05.2015

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suunnitelma 2 / Luettelo valaisimista

78 Kappale PHILIPS WT460C L1600 NB LED64S/- No
Tavaratunnus:
Valovirta (Valaisin): 6381 lm
Valovirta (Lampot): 6400 lm
Valaisimien teho: 54.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 91
97 99 100 100
Varustus: 1 x LED64S/840/- (Korjaustekijä
1.000).

Löydät valaisimen kuvan
valaisinluettelosta.



SLO logistiikkakeskus



DIALux

12.05.2015

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suunnitelma 2 / Valaistustekniset tulokset

Kokonaisvalovirta: 497721 lm
Kokonaisteho: 4212.0 W
Huoltokerroin: 0.80
Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m²]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	199	26	225	/	/
Lattian valaistusvoimakkuus	/	322	321	/	/
Pystysuora valaistusvoimakkuus	115	39	155	/	/
Lattia	125	15	140	20	8.90
Katto	0.00	31	31	70	6.84
Seinä 1	18	21	39	50	6.16
Seinä 2	2.49	24	27	50	4.25
Seinä 3	33	26	59	50	9.36
Seinä 4	2.53	24	26	50	4.20

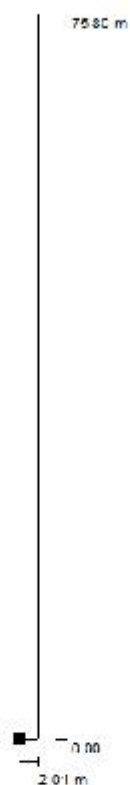
Yhdenmukaisuus käyttötasolla

 $E_{min} / E_{m} : 0.044 (1:23)$ $E_{min} / E_{max} : 0.026 (1:38)$ Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $2.76 \text{ W/m}^2 = 1.23 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1524.16 m^2)

SLO logistiikkakeskus


DIALux
 12.05.2015

 Tekijä
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

Suunnitelma 2 / Lattian valaistusvoimakkuus / Isolux-käyrät (E, kohtisuora)

 Pinnan sijainti tilassa:
 Merkitty piste:
 (116.966 m, 102.450 m, 0.020 m)


Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 595

Rasteri: 1 x 18 Pisteet

 E_m [lx]
 321

 E_{min} [lx]
 241

 E_{max} [lx]
 337

 E_{min} / E_m
 0.750

 E_{min} / E_{max}
 0.713

SLO logistiikkakeskus

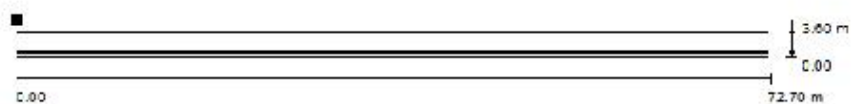


DIALux

12.05.2015

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suunnitelma 2 / Pystysuora valaistusvoimakkuus / Isolux-käyrät (E, kohtisuora)



Pinnan sijainti tilassa:
Merkitty piste:
(111.261 m, 103.800 m, 5.300 m)

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 520



Rasteri: 1 x 18 Pisteet

E_m [lx]
155

E_{min} [lx]
151

E_{max} [lx]
158

E_{min} / E_m
0.976

E_{min} / E_{max}
0.956

SLO logistiikkakeskus

Suunnitelma 3

Yhteyshenkilö:
Tilausnumero:
Toiminimi:
Asiakasnumero:

Päivämäärä: 12.05.2015
Tekijä:

SLO logistiikkakeskus

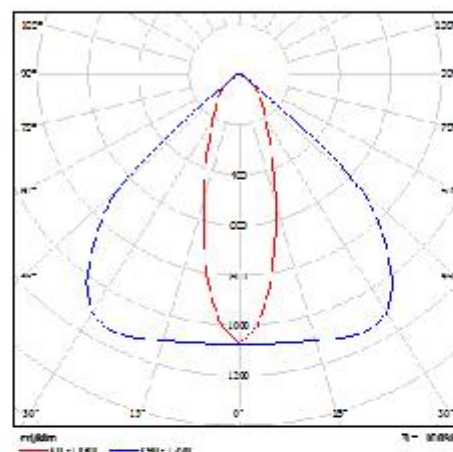


Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

PHILIPS BY471P HRO GC LED170S/- No / Valaisintietoarkki

Valaistu alue 1:

Löydät valaisimen kuvan valaisinluettelosta.



Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 81 97
99 100 101

Valaistu alue 1:

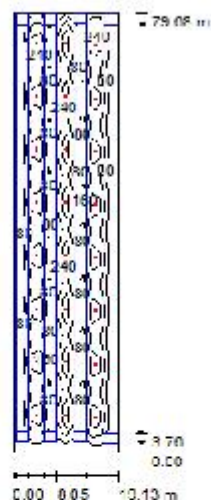
Häufigkeitsverteilung der Merkmale												
Merkmal	Kategorie 1					Kategorie 2					Kategorie 3	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Merkmal	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2. Merkmal	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125
3. Merkmal	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
4. Merkmal	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135
5. Merkmal	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
6. Merkmal	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145
7. Merkmal	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
8. Merkmal	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155
9. Merkmal	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
10. Merkmal	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165
11. Merkmal	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
12. Merkmal	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175
13. Merkmal	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
14. Merkmal	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185
15. Merkmal	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
16. Merkmal	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195
17. Merkmal	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
18. Merkmal	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205
19. Merkmal	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
20. Merkmal	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205	215
21. Merkmal	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
22. Merkmal	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205	215	225
23. Merkmal	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
24. Merkmal	125	135	145	155	165	175	185	195	205	215	225	235
25. Merkmal	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
26. Merkmal	135	145	155	165	175	185	195	205	215	225	235	245
27. Merkmal	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250
28. Merkmal	145	155	165	175	185	195	205	215	225	235	245	255
29. Merkmal	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
30. Merkmal	155	165	175	185	195	205	215	225	235	245	255	265
31. Merkmal	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
32. Merkmal	165	175	185	195	205	215	225	235	245	255	265	275
33. Merkmal	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280
34. Merkmal	175	185	195	205	215	225	235	245	255	265	275	285
35. Merkmal	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
36. Merkmal	185	195	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295
37. Merkmal	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
38. Merkmal	195	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305
39. Merkmal	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310
40. Merkmal	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315
41. Merkmal	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320
42. Merkmal	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325
43. Merkmal	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330
44. Merkmal	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335
45. Merkmal	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340
46. Merkmal	235	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345
47. Merkmal	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
48. Merkmal	245	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355
49. Merkmal	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
50. Merkmal	255	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	365
51. Merkmal	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370
52. Merkmal	265	275	285	295	305	315	325	335	345	355	365	375
53. Merkmal	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380
54. Merkmal	275	285	295	305	315	325	335	345	355	365	375	385
55. Merkmal	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390
56. Merkmal	285	295	305	315	325	335	345	355	365	375	385	395
57. Merkmal	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400
58. Merkmal	295	305	315	325	335	345	355	365	375	385	395	405
59. Merkmal	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410
60. Merkmal	305	315	325	335	345	355	365	375	385	395	405	415
61. Merkmal	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420
62. Merkmal	315	325	335	345	355	365	375	385	395	405	415	425
63. Merkmal	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430
64. Merkmal	325	335	345	355	365	375	385	395	405	415	425	435
65. Merkmal	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440
66. Merkmal	335	345	355	365	375	385	395	405	415	425	435	445
67. Merkmal	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450
68. Merkmal	345	355	365	375	385	395	405	415	425	435	445	455
69. Merkmal	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460
70. Merkmal	355	365	375	385	395	405	415	425	435	445	455	465
71. Merkmal	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470
72. Merkmal	365	375	385	395	405	415	425	435	445	455	465	475
73. Merkmal	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480
74. Merkmal	375	385	395	405	415	425	435	445	455	465	475	485
75. Merkmal	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490
76. Merkmal	385	395	405	415	425	435	445	455	465	475	485	495
77. Merkmal	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
78. Merkmal	395	405	415	425	435	445	455	465	475	485	495	505
79. Merkmal	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510
80. Merkmal	405	415	425	435	445	455	465	475	485	495	505	515
81. Merkmal	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520
82. Merkmal	415	425	435	445	455	465	475	485	495	505	515	525
83. Merkmal	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530
84. Merkmal	425	435	445	455	465	475	485	495	505	515	525	535
85. Merkmal	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
86. Merkmal	435	445	455	465	475	485	495	505	515	525	535	545
87. Merkmal	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550
88. Merkmal	445	455	465	475	485	495	505	515	525	535	545	555
89. Merkmal	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560
90. Merkmal	455	465	475	485	495	505	515	525	535	545	555	565
91. Merkmal	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570
92. Merkmal	465	475	485	495	505	515	525	535	545	555	565	575
93. Merkmal	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580
94. Merkmal	475	485	495	505	515	525	535	545	555	565	575	585
95. Merkmal	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590
96. Merkmal	485	495	505	515	525	535	545	555	565	575	585	595
97. Merkmal	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600
98. Merkmal	495	505	515	525	535	545	555	565	575	585	595	605
99. Merkmal	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610
100. Merkmal	505	515	525	535	545	555	565	575	585	595	605	615
101. Merkmal	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620
102. Merkmal	515	525	535	545	555	565	575	585	595	605	615	625
103. Merkmal	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630
104. Merkmal	525	535	545	555	565	575	585	595	605	615	625	635
105. Merkmal	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640
106. Merkmal	535	545	555	565	575	585	595	605	615	625	635	645
107. Merkmal	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650
108. Merkmal	545	555	565	575	585	595	605	615	625	635	645	655
109. Merkmal	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660
110. Merkmal	555	565	575	585	595	605	615	625	635	645	655	665
111. Merkmal	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670
112. Merkmal	565	575	585	595	605	615	625	635	645	655	665	675</

SLO logistiikkakeskus



Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suunnitelma 3 / Yhteenveto



Tilan korkeus: 7.250 m, Asennuskorkeus: 6.250 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:1024

Pinta	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Käyttötaso	/	146	4.87	393	0.033
Lattia	20	102	2.21	299	0.022
Katto	70	17	7.58	25	0.455
Seinät (4)	50	14	4.30	110	/

Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m
Rasteri: 49 x 12 Pisteet
Reuna-alue: 0.250 m

Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	Φ (Valaisin) [lm]	Φ (Lamput) [lm]	P [W]
1	24	PHILIPS BY470P HRO GC LED130S/- No (1.000)	12959	13000	119.0
			Yhteensä: 311022	Yhteensä: 312000	2856.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $1.87 \text{ W/m}^2 = 1.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1524.16 m^2)

SLO logistiikkakeskus

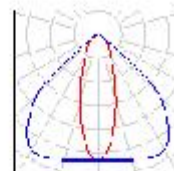
**DIALux**
12.05.2015

Tekijä
Puhelin
Faksi
Sähköpostiosoite

Suunnitelma 3 / Luettelo valaisimista

24 Kappale PHILIPS BY470P HRO GC LED130S/- No
Tavaratunnus:
Valovirta (Valaisin): 12959 lm
Valovirta (Lampot): 13000 lm
Valaisimien teho: 119.0 W
Valaisinten luokittelu CIE: 100
Elektroniikkakomponenttien valovirtakoodi: 81
97 100 100 101
Varustus: 1 x LED130S/840/- (Korjaustekijä
1.000).

Löydät valaisimen kuvan
valaisinluettelosta.



SLO logistiikkakeskus


DIALux
 12.05.2015

 Tekijä
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

Suunnitelma 3 / Valaistustekniset tulokset

 Kokonaisvalovirta: 311022 lm
 Kokonaisteho: 2856.0 W
 Huoltokerroin: 0.80
 Reuna-alue: 0.250 m

Pinta	Keskimääräinen valaistusvoimakkuus [lx]			Heijastussuhde [%]	Keskimääräinen luminanssi [cd/m²]
	suoraan	epäsuoraan	kokonaan		
Käyttötaso	132	14	146	/	/
Lattian valaistusvoimakkuus	/	255	254	/	/
Pystysuora valaistusvoimakkuus	51	24	75	/	/
Lattia	95	7.44	102	20	6.52
Katto	0.00	17	17	70	3.71
Seinä 1	3.73	9.41	13	50	2.09
Seinä 2	1.12	13	14	50	2.23
Seinä 3	7.52	11	18	50	2.87
Seinä 4	1.13	13	14	50	2.21

Yhdenmukaisuus käyttötasolla

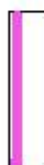
 E_{min} / E_m : 0.033 (1:30) E_{min} / E_{max} : 0.012 (1:81)Ominainen verkkoon kytketty kuorma: $1.87 \text{ W/m}^2 = 1.28 \text{ W/m}^2 / 100 \text{ lx}$ (Pohjapinta-ala: 1524.16 m^2)

SLO logistiikkakeskus


DIALux
 12.05.2015

 Tekijä
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

Suunnitelma 3 / Lattian valaistusvoimakkuus / Isolux-käyrät (E, kohtisuora)

 Pinnan sijainti tilassa:
 Merkitty piste:
 (111.631 m, 102.450 m, 0.010 m)


Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 595

Rasteri: 1 x 18 Pisteet

 E_m [lx]
 254

 E_{min} [lx]
 129

 E_{max} [lx]
 303

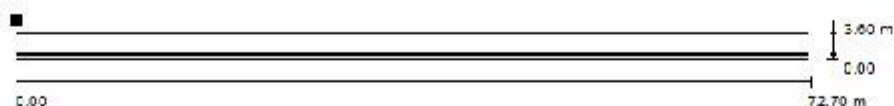
 E_{min} / E_m
 0.508

 E_{min} / E_{max}
 0.425

SLO logistiikkakeskus


DIALux
 12.05.2015

 Tekijä
 Puhelin
 Faksi
 Sähköpostiosoite

Suunnitelma 3 / Pystysuora valaistusvoimakkuus / Isolux-käyrät (E, kohtisuora)

 Pinnan sijainti tilassa:
 Merkitty piste:
 (111.261 m, 103.800 m, 5.300 m)

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 520

Rasteri: 1 x 18 Pisteet

 E_m [lx]
 75

 E_{min} [lx]
 32

 E_{max} [lx]
 145

 E_{min} / E_m
 0.427

 E_{min} / E_{max}
 0.223